

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

#3



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-281001

出 願 人

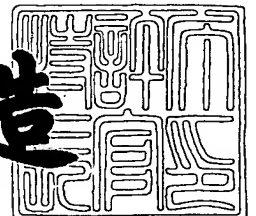
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2001年11月30日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3105877

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P0858

【提出日】 平成13年 9月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/3065

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 小藤 直行

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 森 政士

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 板橋 直志

【発明者】

【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社日立製作所 笠戸事業所内

【氏名】 堤 貴志

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 68030

【出願日】 平成13年 3月12日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003094

【包括委任状番号】 9403294

【包括委任状番号】 0002348

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属の多層配線を形成する工程にあって、前記金属配線のエッチングの際に、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて行うよう構成したことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記混合ガスの圧力が $1.5\text{ Pa}$ 以下 $0.6\text{ Pa}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】前記 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの純度が $99.99\%$ 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

$300\text{ MHz} \sim 1\text{ GHz}$ の周波数範囲の電磁波を用いて前記プラズマを発生せしめることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

半導体基板上に $\text{TiN}$ 層、 $\text{Al}$ 層、 $\text{TiN}$ 層の順に積層された構造の金属膜を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガスおよび $\text{BCl}_3$ ガスに、添加ガスとして $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有し、かつ、前記 $\text{TiN}$ 層のエッチング時には、前記 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの添加量を $0 \sim 4\%$ とし、 $\text{Al}$ 層のエッチング中には前記 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの添加量を $5 \sim 30\%$ にしてなることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、前記金属膜上に

レジストマスクを形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程と、F元素およびO元素を含む混合ガスのプラズマを用いて前記レジストマスクを除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項8】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、前記金属膜上に配線ピッチ500nm未満のパターン群を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項9】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、前記金属膜上に第1のピッチで配置される第1のマスクパターン群および前記第1のピッチよりも大きい第2のピッチで配置される第2のマスクパターン群を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項10】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、前記金属膜上に第1のピッチで配置される第1のパターン群および前記第1のピッチよりも大きい第2のピッチで配置される第2のパターン群を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項11】

半導体基板上にTiN層、Al層、TiN層の順に積層された構造の金属膜を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガスおよび $\text{BCl}_3$ ガスに、添加ガスとして $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを希ガスで希釈したガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有し、かつ、前記 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを希ガスで希釈したガスの $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスのmol濃度が10%~100%であることを特徴とする半導

体装置の製造方法。

【請求項 1 2】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、UHF帯の電磁波を用いてプラズマを発生する方式のプラズマエッチング装置において、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスをプラズマ化し、前記プラズマを用いて前記金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造方法に係わり、特に、半導体製造過程においてアルミニウム(A1)を含む金属膜をプラズマエッチングする工程を有する半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

メタル材料のプラズマエッチングでは、主たるエッチングガスである $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガスの混合ガスのプラズマを用いることが一般的である。

【0003】

また、微細加工プロセスでは、この他に、形状制御、すなわちサイドエッチ防止のための添加ガスとして、 $\text{CCl}_4$ ガス、 $\text{CHCl}_3$ ガス、 $\text{N}_2$ ガス、CHF系ガス、および可燃爆発性のCH系ガスを爆発限界以下に希釈したガスを混合することが一般的である。また、特開平9-251984号公報のように形状制御用のガスとしてCHBr系のガスを添加する方法も提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

メタル材料のプラズマエッチングで用いられる形状制御用の添加ガスの内、 $\text{CCl}_4$ ガスはオゾン層破壊物質であるため生産が制限されている。また、 $\text{CHCl}_3$ ガスも、発ガン性のため生産が縮小される方向にある。

【0005】

また、CHF系のガスのようにF元素を含むガスは、エッチング反応において生成されるAlFが粒径の大きなパーティクルを生成する。このパーティクルによる歩留まり低下の問題のため量産適用できない。また、N<sub>2</sub>についても、エッチング反応で生成されるAlNがパーティクルを生成するため量産適用できない。

【0006】

また、CHBr系ガスのようにBrを含むガスは、エッチング中の微細パターンの側面に極めて強固な、形状制御のための側壁保護膜を作る。このため、側壁保護膜が薬液処理等で剥離できない問題がある。また、CH系ガスを希釈したガスは、形状制御作用のあるC元素の濃度が数%しかないため形状制御効果が小さい問題がある。

【0007】

そこで、本発明の目的は、将来にわたって安定供給でき、パーティクルの問題が少なく、側壁保護膜の剥離の問題がなく、かつ、形状制御能力の高いエッチング法を提供し、信頼性の高い半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明では、形状制御用の添加ガスとしてCH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>ガスを用いる。すなわち、Cl<sub>2</sub>ガス、BCl<sub>3</sub>ガス、CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>ガスの混合ガスのプラズマによって金属材料をエッチングする。

【0009】

本発明の構成を具体的にかつ代表的なものでいえば、本発明は、半導体装置の製造過程にあつて、半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、Cl<sub>2</sub>ガス、BCl<sub>3</sub>ガス、およびCH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

【0010】

また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムを含む金属の多層配線を形成する工程にあつて、金属配線のエッチングの際に、Cl<sub>2</sub>ガス、BCl<sub>3</sub>ガス、およ

び $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて行うよう構成したことを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

## 【0011】

また、本発明は、半導体基板上にTiN層、Al層、TiN層の順に積層された構造の金属膜を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガスおよび $\text{BCl}_3$ ガスに、添加ガスとして $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有し、かつ、TiN層のエッチング時には、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの添加量を0～4%とし、Al層のエッチング中には $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの添加量を5～30%にしてなることを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

## 【0012】

また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、金属膜上にレジストマスクを形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程と、F元素およびO元素を含む混合ガスのプラズマを用いて、レジストマスクを除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

## 【0013】

また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、金属膜上に配線ピッチ500nm未満のパターン群を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

## 【0014】

また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、金属膜上に第1のピッチで配置される第1のマスクパターン群（もしくは、パターン群）および第1のピッチよりも大きい第2のピッチで配置される第2のマスクパターン群（もしくは、パターン群）を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供す



る。

#### 【0015】

また、本発明は、半導体基板上にTiN層、Al層、TiN層の順に積層された構造の金属膜を形成する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガスおよび $\text{BCl}_3$ ガスに、添加ガスとして $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを希ガスで希釈したガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有し、かつ、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを希ガスで希釈したガスの $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスのmol濃度が10%～100%であることを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

#### 【0016】

さらに、本発明は、前記構成において、前記混合ガスの圧力が1.5Pa以下0.6Pa以上であること、また、前記 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの純度が99.99%以上であること、また、300MHz～1GHzの周波数範囲（UHF帯）の電磁波を用いて前記プラズマを発生せしめることを特徴とする。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

##### （実施例1）

オゾン層破壊、発ガン性、可燃爆発性に関する特性について、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスと他のガスを比較した結果を、図1に示す。

#### 【0018】

本発明による $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ は、 $\text{CCl}_4$ やCHF系のガスと異なってオゾン層破壊の問題がなく、また、 $\text{CHCl}_3$ と異なって発ガン性がない。このため、将来に渡って安定供給できる可能性が高い。また、CH系ガスや他の $\text{CHCl}$ 系のガスと異なって難燃性の材料であるため、希釈せずに添加することができる。さらに、CHF系ガスや $\text{N}_2$ ガスと異なり、NやFの元素を含まないためパーティクルの問題が少ない。また、CHBr系ガスと異なりBrを含まないため側壁保護膜の剥離の問題も少ないと考えられる。

#### 【0019】

まず、安定供給が可能な添加ガスとして、 $\text{CH}_4$ の8%Ar希釈ガス（以下、PRガスと称す。）、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ガス、 $\text{CHF}_3$ ガス、および

$N_2$ ガスを選択してパーティクルの発生について調べた。各添加ガスと $Cl_2$ ガスおよび $BCl_3$ ガスの混合ガスのプラズマによって金属材料の付いたウエーハをエッチングした場合の、パーティクルに起因する不良の発生率と、ウエーハ処理枚数の関係を図2に示す。ただし、各ウエーハ処理の間には、 $O_2$ ガスプラズマ放電、 $Cl_2$ ガスプラズマ放電による処理室内のプラズマクリーニングを実施している。

## 【0020】

$N_2$ や $CHF_3$ ガスの添加では、500枚の処理で不良発生率90%以上に達しているため、量産ラインで使用できない。これに対して、 $CH_2Cl_2$ ガス、 $CH_2Br_2$ ガスおよびPRガス添加では、5000枚の処理でも不良発生率が10%未満に抑えられており、十分に量産適用可能と考えられる。

## 【0021】

次に、形状制御性について調べた。量産適用可能なPRガス、 $CH_2Cl_2$ ガス、 $CH_2Br_2$ ガスを添加ガスとして選択し、各添加ガスと $Cl_2$ ガスおよび $BCl_3$ ガスの混合ガスのプラズマによって金属材料の試料をエッチングした。ここでは、8インチ径のウエーハにTiN、Al、TiNの順に積層させ、その上にレジストマスクを形成させたものを試料として用いた。レジストマスクに対する寸法シフト量およびエッチング速度と、添加ガスの種類との関係を、図3に示す。図中、?印はエッチング速度 (nm/min) を示す。

## 【0022】

ここで、 $Cl_2$ 分圧が低い場合、エッチング速度が減少する問題があるため、実用的な600nm/min以上のエッチング速度を維持するためには、少なくとも $Cl_2$ 分圧を0.5Pa程度以上に維持する必要がある。また、処理圧力が高い場合、寸法シフト量が増加する問題があるため、100nm以下の実用的な寸法シフトを得るためには、処理圧力を1.5Pa以下に抑制する必要がある。また、サイドエッチ抑制のためには、 $Cl_2$ ガスの20%程度の形状制御用ガスを添加する必要がある。

## 【0023】

PRガスの場合、形状制御用の $CH_4$ ガスが8%に希釈されているため、形状

制御のために $\text{Cl}_2$ ガスの2.5倍程度のPRガスを添加する必要がある。このため、処理圧力が $\text{Cl}_2$ 分圧の3.5倍程度に増大し、エッチング速度と寸法シフトの両立が非常に困難になる。従って、図3のように実用的なエッチング速度600nm/minを維持したPRガス添加では数百nm以上に寸法シフトが大きくなった。

## 【0024】

一方、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスや $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ガスの場合、形状制御性のガスを希釈せずに使うことができる。このため、20%の形状制御用ガスを添加しても処理圧力は $\text{Cl}_2$ 分圧の1.2倍程度に抑えられる。従って、0.6Paから1.5Paの広い範囲でエッチング速度と寸法シフトの両立が可能である。この結果として、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスや $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ガスでは800nm/minの実用的なエッチング速度を維持しつつ、10nm程度に寸法シフトを抑制できた。

## 【0025】

以上のように、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスや $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ガスの形状制御性が、PRガスに比べ非常に高いことがわかる。

## 【0026】

さらに、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスと $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ガスの場合について、エッチング処理後の試料を $\text{CF}_4$ と $\text{O}_2$ の混合ガスのプラズマでレジストマスクを除去した後、酢酸とアンモニア水の混合溶液で洗浄した。処理後の試料の断面形状を図4および図5に示す。

## 【0027】

図4に示した $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ガスの場合の形状では、バリアTiN層1、Al層2、キャップTiN層3の側面およびキャップTiN層3の上面に側壁保護膜4が残っており、エッチング後の処理で側壁保護膜が剥離できない問題があることがわかる。なお、図中、5は半導体基板を示す。

## 【0028】

一方、図5に示した $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の場合の形状では、バリアTiN層1、Al層2、キャップTiN層3の側面や上面に側壁保護膜が全く残っておらず、側壁保護膜の剥離性が良いことがわかる。なお、ここではレジストマスク除去に $\text{CF}_4$

と $O_2$ の混合ガスのプラズマを用いたが、F元素とO元素を含む混合ガスのプラズマであれば同様の結果がえられる。

## 【0029】

以上の結果から、メタル材料のエッチングでは、ガスの安定供給、量産適用性、形状制御性、側壁保護膜の剥離性の4つの観点から、形状制御用の添加ガスとして $CH_2Cl_2$ ガスを用いることが望ましいことがわかった。

## 【0030】

## (実施例2)

さらに高精度な形状制御のため、半導体基板上に形成された、TiN、Al、TiNの積層構造のエッチングにおいて、TiNのエッチング時には、 $CH_2Cl_2$ の添加量を0～4%に押さえ、形状制御が必要となるAl層のエッチングの中のみに、5～30%に増やした。これによって、添加量一定でエッチングした場合に比べ、寸法シフト量が2分の1に低減されることがわかった。

## 【0031】

## (実施例3)

図6は、本発明によるエッチング方法を半導体装置の多層配線工程に適用した例である。本配線工程では、(1)ケミカルベーパーデポジション法(CVD法)による酸化シリコン(TEOS)の堆積、(2)ホトリソグラフィー法によるレジストマスク作成、(3)レジストマスクに沿ったCF系ガスのプラズマによるTEOSのエッチングを順に行うことによって、Viaホールを作成する。作成したViaホールに、(4)スパッタ法によってTiNを埋め込んだ後、(5)CVD法によってタングステン(W)を埋め込む。

## 【0032】

次に、埋め込み工程でTEOS表面上に堆積した余剰なWおよびTiNを、(6)ケミカルメカニカルポリッシング法(CMP法)で除去し、(7)薬液による洗浄を行う。CMP後のTEOS表面に、(8)スパッタ法によるTiNの堆積、(9)スパッタ法によるAl-Cu混晶の堆積、(10)スパッタ法によるTiNの堆積、(11)CVD法によるTEOSの堆積、(12)CVD法によるSiONの堆積を順に行った後、(13)リソグラフィー法によるレジストマ

スクのパターニングを行う。このレジストマスクに沿って、(14) CF系ガスによってTEOSをエッチングしTEOSマスクを形成する。

## 【0033】

形成されたTEOSマスクに沿って、(15) 本発明による $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の混合ガスのプラズマを用いてTiN、Al-Cu、TiNの積層膜をエッチングする。エッチング後、(16) 残ったレジストマスクを $\text{O}_2$ 、 $\text{CF}_4$ の混合ガスのプラズマを用いて除去し、さらに、(17) 薬液で洗浄する。

## 【0034】

洗浄後の試料に、(18) CVDで絶縁材料を堆積後、(19) CMPによる平坦化、(20) 薬液による洗浄を順に施す。洗浄した試料を、再び工程(1)のCVDから順に繰り返し処理することによって多層配線が形成される。

## 【0035】

(15)のエッチング工程に $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスの添加を用いた、本発明による製造方法で作られた半導体装置の歩留まりは、90%であった。一方、(15)の工程でPRガスを使った場合は、断線不良やショート不良によって歩留まりが50%しか得られなかった。また、 $\text{CH}_2\text{Br}_2$ を用いた場合は、コンタクト抵抗が高く歩留まりが40%に低下した。また、 $\text{CHF}_3$ ガスを使った場合にはパーティクル不良のため歩留まりが10%に激減した。

## 【0036】

以上のように、アルミニウムを含む多層配線の製造工程では、金属配線のエッチングの際に $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の混合ガスのプラズマを用いることで信頼性の高い半導体装置を作ることができる。

## 【0037】

## (実施例4)

図7(a)のように、半導体基板5上に形成されたバリアTiN1、Al層2、キャップTiN3の積層構造に様々な配線ピッチのラインアンドスペースパターンをレジストマスク6によって形成した試料を、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ およびサイドエッチ防止用の添加ガスを含む混合ガスのプラズマによってエッチングした。

## 【0038】

加工形状の一例を図7(b)に示す。広ピッチのパターンでは垂直加工ができているのに対して、狭ピッチのパターンではA1層2にサイドエッチが発生している。

## 【0039】

添加ガスがPRまたは $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の場合について、配線ピッチ1000、500、300、260、20.0nmの各パターンのサイドエッチの有無をまとめた結果を図8に示す。配線ピッチが500nm以上では、いずれの添加ガスでもサイドエッチは見られない。配線ピッチ500nm未満のサンプルでは、PR添加の場合にはサイドエッチが発生するのに対して、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 添加の場合にはサイドエッチが抑制されている。すなわち、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 添加は配線ピッチ500nm未満のサンプルで効果が顕著であることがわかった。

## 【0040】

## (実施例5)

実施例4において、配線ピッチ1000nmのパターンと配線ピッチ200nmのパターンの寸法シフト量の差を測定した。その結果、PRガス添加の場合には寸法シフト量の差が200nmと大きかったのに対して、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 添加の場合は寸法シフト量の差が20nmと極めて小さかった。すなわち、同一ウエーハ上に配線ピッチの異なるパターンが存在する試料の加工に $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 添加が有利であることがわかった。

## 【0041】

## (実施例6)

実施例4において、添加ガスとして純度99.9%の $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ を用いた場合に、異物や金属汚染の問題が生じた。純度99.99%以上の $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ を用いることで異物や金属汚染が発生しなくなることがわかった。

## 【0042】

## (実施例7)

図7における試料を、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ およびサイドエッチ防止用の添加ガスを含む混合ガスのプラズマによってエッチングした。添加ガスとしては $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ をAr希釈したガスを用いた。配線ピッチ1000nmのパターンの寸法シフト

量と $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の希釈率との関係を図9に示す。

【0043】

希釈するに従って、寸法シフト量が増大するものの、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ のモル濃度が10%以上では、PRガスを添加した場合よりも小さい寸法シフトが得られる。すなわち、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ モル濃度10%~100%のAr希釈では、従来の添加ガスよりも高い形状制御性が得られることがわかった。今回は希釈ガスとしてArを用いたが、希釈ガスは反応性のない希ガスであれば何でもよい。

【0044】

(実施例8)

UHF帯(300MHzから1GHz)の電磁波を用いてプラズマを発生する方式のエッチング装置(以下、UHFプラズマエッチング装置と呼ぶ)、マイクロ波(2.45GHz)の電磁波を用いてプラズマを発生させる方式のエッチング装置(以下、マイクロ波エッチング装置と呼ぶ)、RF帯(13.56MHz以下)の電磁波を用いてプラズマを発生させる方式(以下、ICPプラズマエッチング装置と呼ぶ)のそれぞれの装置で、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ および $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の混合ガスを用いて図7の試料をエッチングした。

【0045】

その結果、UHFプラズマエッチング装置が、マイクロ波プラズマエッチング装置やICPエッチング装置に比べサイドエッチが発生しにくかった。マイクロ波プラズマエッチング装置やICPエッチング装置ではプラズマ密度が高く、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ が原子状に解離されるためガス添加の効果が半減する。これ対して、UHFプラズマエッチング装置はプラズマ密度が低く解離されにくいため添加ガスの効果が現れ易かったものと考えられる。

【0046】

(実施例9)

実施例3では、工程15のTiN、Al-Cu、TiN積層膜のエッチング後に工程16のレジスト除去を行なったが、工程の順番を入れ替えて、工程14のSiON、TEOSエッチ後に、工程16レジスト除去を行い、その後、工程15のTiN、Al-Cu、TiN積層膜のエッチングを行なっても同様の結果が

得られる。

【0047】

また、実施例3では工程11でTiN上にTEOSを堆積させたが、この工程を省略して、TiN上に工程12のSiON堆積を行なっても同様の結果が得られる。

【0048】

【発明の効果】

以上のように、本発明の半導体装置の製造方法によれば、将来にわたって安定供給でき、パーティクルの問題が少なく、側壁保護膜の剥離の問題がなく、かつ、形状制御能力の高いエッチング法を用いることで、高い信頼性を有する半導体装置を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

各種の添加ガスの特徴を説明する図。

【図2】

パーティクルに起因する不良の発生率とウエーハ処理枚数の関係を説明する図。

【図3】

レジストマスクに対する寸法シフト量と添加ガスの種類の関係を説明する図。

【図4】

CH<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>添加の場合のエッチング後処理後の試料の断面形状を示す図。

【図5】

本発明によるCH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>添加の場合のエッチング後処理後の試料の断面形状を示す図。

【図6】

本発明によるエッチング方法を適用した半導体装置の多層配線工程の一例を説明する工程図。

【図7】

(a) はメタルエッチングに用いた試料の断面構造、(b) は(a) の試料を



加工した結果の一例を示す図。

【図 8】

配線ピッチとサイドエッチの有無の関係を示す図。

【図 9】

$\text{CH}_2\text{Cl}_2$ をAr希釈したガスを添加して図7の試料を加工した場合の、配線ピッチ100nmのパターンの寸法シフト量と $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の希釈率の関係を示す図。

【符号の説明】

1…バリアTiN層、2…Al層、3…キャップTiN層、4…側壁保護膜、  
5…半導体基板、6…レジストマスク。

【書類名】 図面

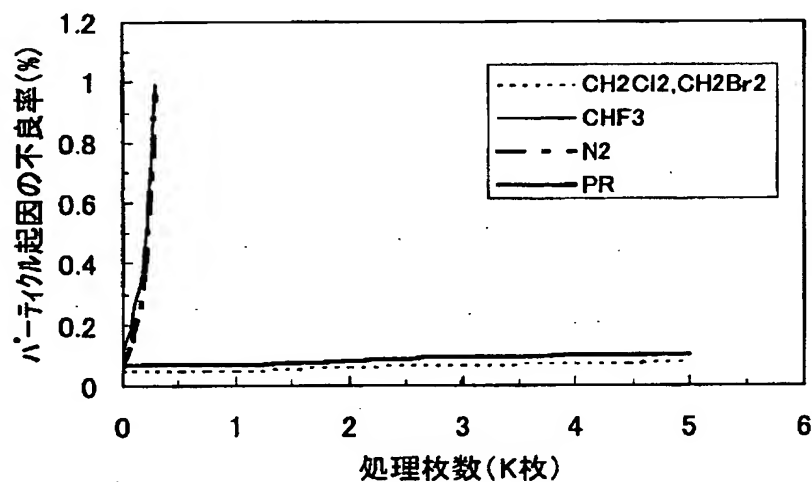
【図 1】

図 1

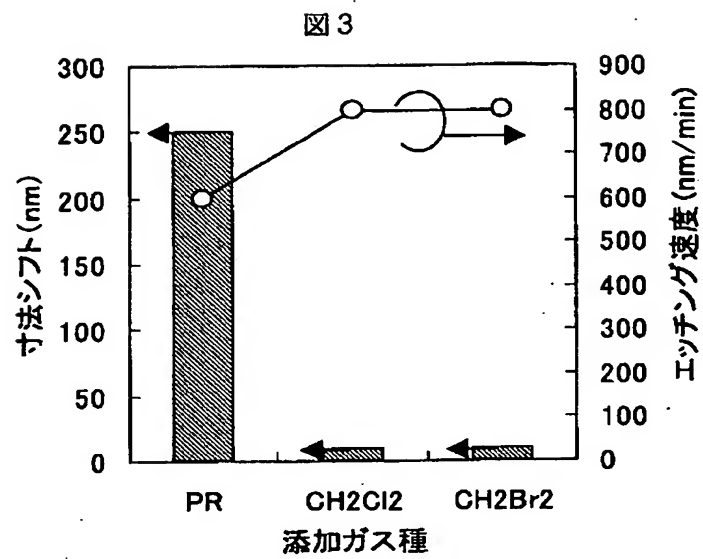
ガス種	可燃性	オゾン層 破壊作用	発ガン性	パーティクル 生成	側壁保護膜 の剥離性
CCl <sub>4</sub>	なし	あり	なし	少ない	良
CHCl <sub>3</sub>	なし	なし	あり	少ない	良
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	なし	なし	なし	少ない	良
CH <sub>3</sub> Cl	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> F <sub>z</sub>	なし	一部あり	なし	多い	良
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> Br <sub>z</sub>	一部あり	なし	なし	少ない	悪
N <sub>2</sub>	なし	なし	なし	多い	悪

【図 2】

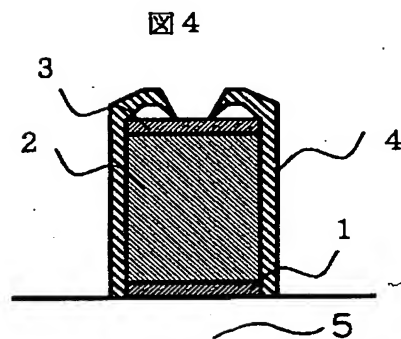
図 2



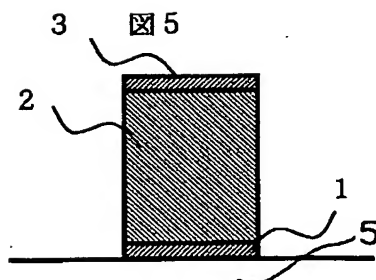
【図 3】



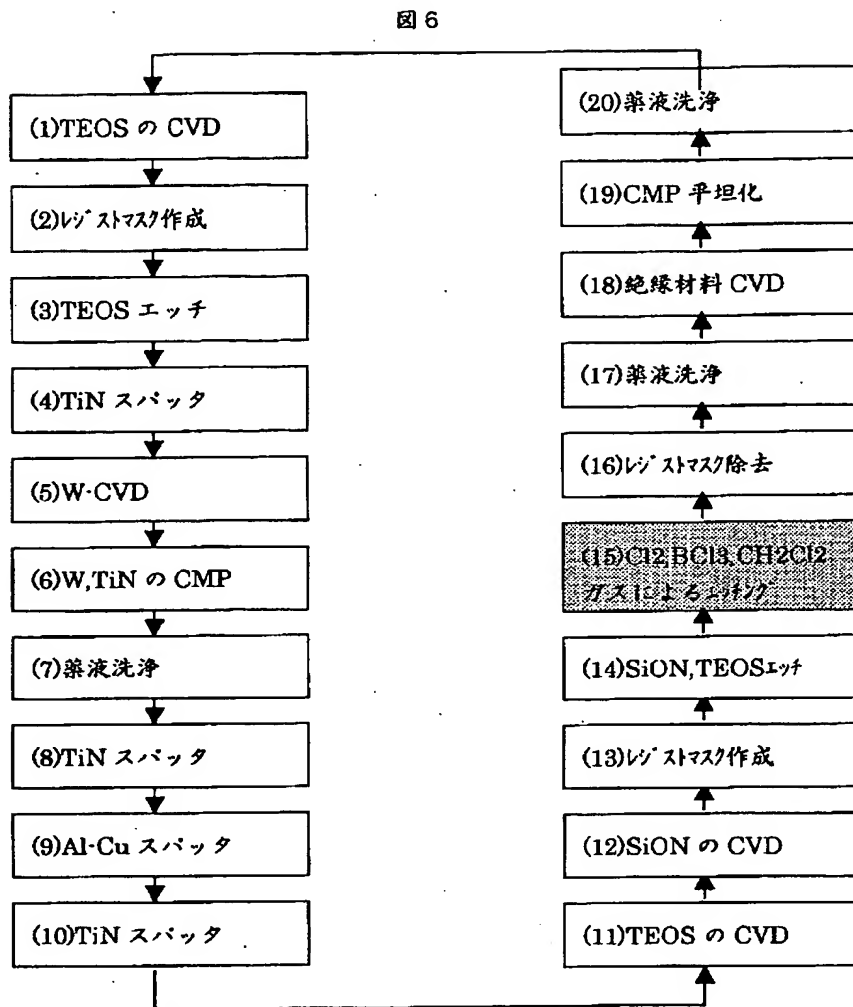
【図 4】



【図 5】

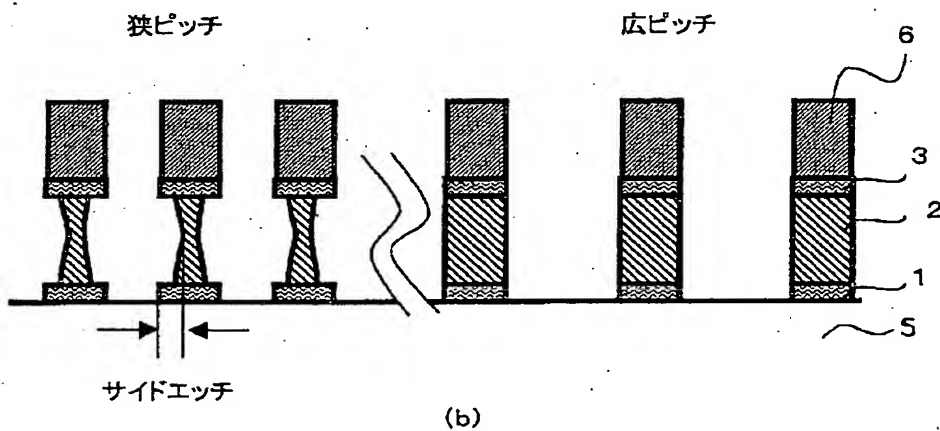
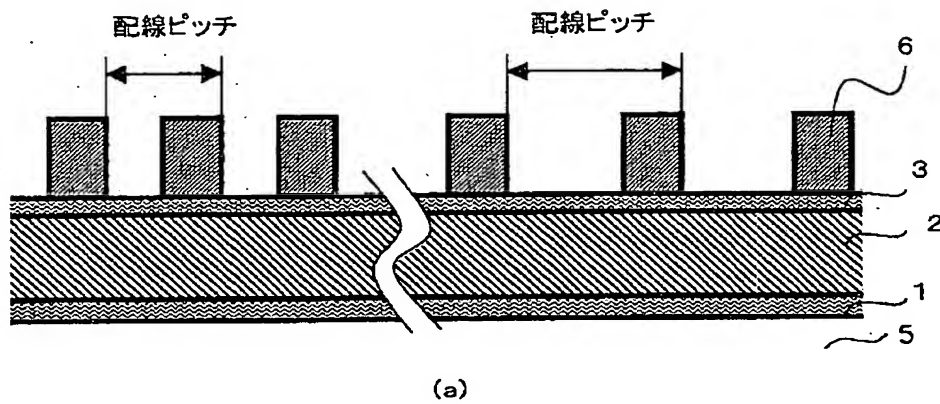


【図 6】



【図 7】

図 7



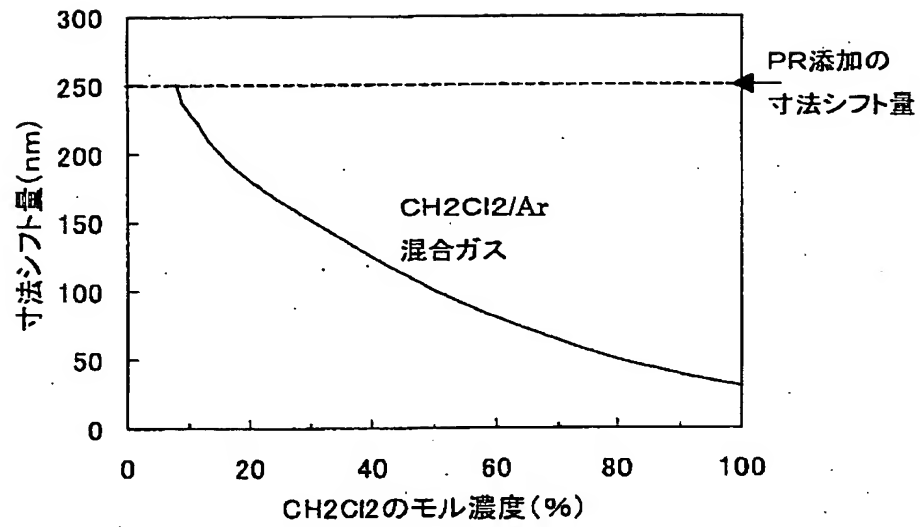
【図 8】

図 8

配線ピッチ (nm)	サイドエッチの有無	
	PR 添加	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> 添加
1000	無	無
500	無	無
300	有	無
260	有	無
200	有	無

【図9】

図 9



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

添加ガスが将来にわたって安定供給でき、パーティクルの問題が少なく、側壁保護膜の剥離の問題がなく、かつ形状制御能力が高いエッチング法を提供し、信頼性の高い半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、 $\text{Cl}_2$ ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所